

KAJIAN KANDUNGAN RADIOISOTOP ALAM DALAM SAMPEL BATUAN DI DESA OBEN BAUN KUPANG BARAT DENGAN TEKNIK ANALISIS RADIOAKTIVITAS LINGKUNGAN

Maria Selviana Tay, Albert Z. Johannes, Laura A.S. Lapono, Bartholomeus Pasangka.

*Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Oesapa, Kota Kupang, 85228, Indonesia
Email: zickojohannes@staf.undana.ac.id*

Abstrak

Masalah pokok yang dikaji dalam penelitian ini adalah pemetaan dan analisis aktivitas jenis massa kandungan radioisotop dalam deposit mineral di Desa Oben Baun Kupang Barat. Tujuan Penelitian meliputi: menentukan kisaran cacah radiasi radioisotop alam di beberapa titik pengukuran di lapangan dan pengukuran di laboratorium, menentukan kisaran aktivitas jenis massa (C) kandungan radioisotop dalam sampel batuan, memetakan sebaran cacah dan aktivitas jenis massa radioisotop pada luasan daerah tertentu yang terjangkau survei di lapangan, dan mengestimasi tingkat kontaminasi radioisotop pada lingkungan. Metode penelitian meliputi: observasi/ survei, mapping, sampling, analisis, interpretasi. Hasil-hasil penelitian: Kisaran cacah radiasi nuklir radioisotop di lapangan dan dilaboratorium dalam deposit mineral di Oben Baun Kupang Barat berturut-turut berkisar antara 15 cpm sampai dengan 93 cpm dan 28 cpm sampai dengan 92 cpm. Kisaran aktivitas jenis massa (C) kandungan radioisotop dalam 45 cuplikan sampel batuan di Oben Baun Kupang Barat berkisar antara $0,099 \times 10^{-5} \mu\text{Ci/gram}$ sampai dengan $0,316 \times 10^{-5} \mu\text{Ci/gram}$. Sebaran atau distribusi kandungan radioisotop di Desa Oben Baun Kupang Barat yang dapat dijangkau survei terdistribusi lebih tinggi dari arah timur dan cenderung menurun ke arah barat. Distribusi tersebut masih cenderung tinggi ke arah utara di bagian timur lokasi survei. Kontaminasi radioisotop pada lingkungan masih tergolong kontaminasi rendah untuk radiasi alpha dan beta, dan secara umum cacah radiasi radioisotop di lapangan masih bersesuaian dengan batas toleransi, walaupun perlu diwaspadai beberapa titik ukur dengan cacah radiasi melebihi standar.

Kata Kunci: Radioisotop, Aktivitas Jenis Massa, Daerah Kontaminasi.

Abstract

The main problem studied in this research was mapping and analyzing of mass specific activity of radioisotope content in mineral deposit at Oben Village Baun West Kupang. The aims of research comprise of: to determine radiation counts range of natural radioisotope at several measurement points at field and Laboratory, to determine counts and massa specific activity range of radioisotope content in rocks sample, to map distribution of counts and mass specific activity on area which was reached of field survey, and to estimate contamination level of radioisotope on environment. The methods of research consists of: Observation/ surveying, mapping, sampling, analysis, and interpretation. The results of research: The counts range of nuclear radiation of radioisotope at field and laboratory in mineral deposit at Oben Baun West Kupang in succession revolved between 15 cpm up to 93 cpm and 28 cpm up to 92 cpm. The range of mass specific activity of radioisotope content in 45 rock samples at Oben Baun West Kupang revolved between $0,099 \times 10^{-5} \mu\text{Ci/gram}$ up to $0,316 \times 10^{-5} \mu\text{Ci/gram}$. The distribution of radioisotope content at Oben Village Baun West Kupang which can be reached survey higher distributed from east direction and inclined decrease to west direction. These distribution still high inclined to north direction at east part of survey location. Radioisotope contamination on environment still classified low contamination for alpha and beta radiation, and generally radiation counts of radioisotope at the field still to be appropriated with tolerance limit, although was necessary varied several measurement points with radiation counts exceed of standard.

Keywords : Radioisotope, Mass Type Activity, Area Contamination.

PENDAHULUAN

Jika diamati secara sepintas, daerah-daerah yang berada di Nusa Tenggara Timur kelihatan tandus dan kering. Namun setelah dijejaki dengan cermat, nampak bahwa daerah-daerah tersebut kaya dengan berbagai

jenis mineral tambang yang nilai ekonomisnya relatif cukup tinggi. Beberapa diantaranya adalah minyak bumi, gas bumi, panas bumi, batubara, besi, dan timah hitam/putih (bahan galian golongan A), emas, perak, aluminium, nikel, tembaga,

mangan, dan radioisotop (bahan galian golongan B), belerang, batu gamping, barit, marmer, gypsum, granit, dan dolomit (bahan galian golongan C), [1,2]. Pulau Timor merupakan hasil proses tektonik tidak teratur atau kacau-balau dengan perbedaan komposisi batuan dan endapan air dangkal seluruh masa *Permian* sampai *Quaternary*. Batuan-batuan metamorf yang terbentuk oleh kompresi tekanan tinggi seperti *Ophiolites*, batuan-batuan *Continental Crystalline*, dan yang lainnya bercampur baur dalam *melange* dan daerah *imbricated*. Ketidakteraturan (*chaos*) tersebut merupakan suatu hasil dari tumbukan *Banda Arc* dengan *Continental Australian Shelf* [3]. Hal tersebut sesuai dengan ungkapan dari [4,5,6,7] yang mengembangkan penyelidikan secara cermat tentang struktur batuan di Timor dan mengemukakan bahwa sebagian kumpulan-kumpulan batuan, asli berasal dari penonjolan ke atas (pengangkatan) pada sebagian deformasi *Australian Continental shelf*, dan yang lainnya dari massa yang terdorong atau terselip ke atas meliputi seluruh daerah Timor [3].

Radioisotop yang terkandung dalam batuan di Timor diduga ada sejak terbentuknya Pulau Timor yang merupakan pengangkatan ke atas *continental Australian shelf* saat formasi dan deformasi batuan. Hasil observasi dan survei pendahuluan menunjukkan bahwa struktur batuan yang terdapat di Desa Oben Baun Kupang Barat sangat mirip dengan struktur batuan yang ada di Desa Oesuu Kupang Tengah.

Hasil penelitian [8] menunjukkan bahwa di Desa Oesuu Kupang Tengah terdapat penyebaran kandungan radioisotop pada luas daerah sekitar 180 km² (12 km x 15 km) dengan pusat akumulasi pada luas 6 km² (2 km x 3 km). Kadar kandungan radioisotop dalam cuplikan sampel dengan metode analisis aktivasi neutron berkisar antara 2 ppm sampai dengan 27 ppm [9]. Keberadaan radioisotop tersebut dalam deposit mineral batuan diduga ada sejak terbentuknya pulau Timor, dan akumulasinya dalam mineral batuan tersebut terjadi karena migrasi selama formasi dan deformasi batuan pada peristiwa tektonik dan system hidrotermal.

Dengan adanya kesamaan struktur batuan tersebut di dua desa berbeda maka batuan yang terdapat di Desa Oben Baun

Kupang Barat diduga mengandung radioisotop. Untuk memastikan ada tidaknya kandungan radioisotop dalam batuan di Desa Oben Baun Kupang Barat, maka dilakukan penelitian dengan judul: **Kajian Kandungan Radioisotop Alam dalam Sampel Batuan di Desa Oben Baun Kupang Barat dengan Teknik Analisis Radioaktivitas Lingkungan.**

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Desa Oben Baun Kupang Barat yakni survey lapangan dan pengambilan sampel dengan luas daerah yang dapat dijangkau 2800 m². Sedangkan analisis sampel untuk menentukan aktivitas jenis massa kandungan radioisotop dalam sampel batuan dilakukan di Laboratorium Fisika FST Universitas Nusa cendana.

Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan dari bulan September 2017 sampai dengan April 2018.

Alat dan Bahan

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian meliputi detektor Geiger Muller tipe Radiolet-50, Detektor Geiger Muller Type RM-60, GPS, dan sejumlah peralatan analisis sampel batuan di Laboratorium. Bahan Penelitian yang digunakan sampel-sampel batuan dan air aquades.

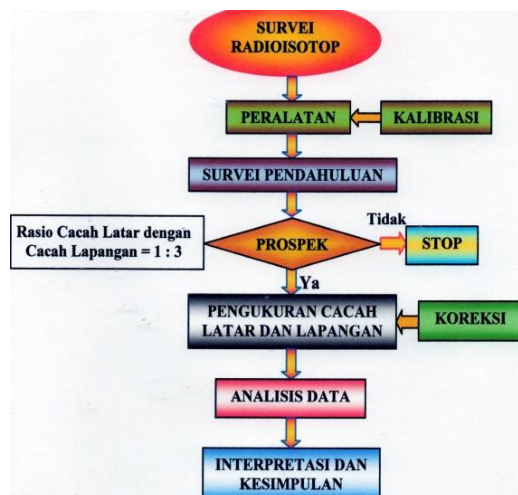
Prosedur Pengumpulan dan Analisis Data Untuk memetakan Sebaran Kandungan Radioisotop dalam Deposit Mineral

Metode utama yang dipakai dalam penelitian ini meliputi observasi/ survei, *sampling*, *mapping*, analisis, dan interpretasi.

Prosedurnya melalui langkah-langkah sebagai berikut: Mempersiapkan semua peralatan. Memilih atau menentukan lokasi yang dianggap prospek mengandung radioisotop berdasarkan survei pendahuluan, kemudian membuat *grid*. Untuk mengetahui suatu daerah prospek mengandung radioisotop, maka dilakukan perbandingan cacah latar dengan cacah lapangan. Suatu daerah dianggap prospek mengandung radioisotop jika rasio cacah latar dengan cacah lapangan nilainya lebih besar 1:3. Untuk memperoleh data lapangan yang

akurat, maka data lapangan tersebut perlu dikoreksi dengan cacah latar, serta didukung oleh data geologi. Membuat kontur cacah radiasi di lapangan, cacah di laboratorium, dan aktivitas jenis massa kandungan radioisotop dalam deposit mineral (menggunakan program *Surfer 11*). Membuat kurva tiga dimensi cacah radiasi di lapangan, cacah di laboratorium, dan aktivitas jenis massa dengan program *Surfer 11*. Melakukan interpretasi atau penafsiran berdasarkan semua hasil analisis yang diperoleh dan dibantu oleh data pendukung lainnya, serta menyusun kesimpulan.

Diagram alir penelitian



Gambar 1 Skema Sistematisa Survei Radioisotop.

Teknik Pengumpulan dan Analisis Data untuk Penentuan Aktivitas Jenis Massa Radioisotop dalam Sampel Mineral

Aktivitas jenis radioisotop dalam sampel mineral dianalisis dengan metode radioaktivitas lingkungan melalui langkah-langkah prosedur sebagai berikut [10].

1. Menyiapkan dan mengkalibrasi alat yang perlu.
2. Mengambil sampel di beberapa titik (tempat) yang telah ditetapkan, yang terdistribusi secara merata dalam lokasi survei atau penelitian.
3. Mengeringkan sampel dalam mangkok porselin dengan *hot plate*.
4. Menghaluskan sampel dengan cara menumbuk dalam suatu ruang tertutup (lesung tertutup), kemudian diayak.

5. Sampel yang telah diayak dimasukkan ke dalam planset dan dibakar dengan *Furnace* atau hot plate suhu tinggi pada suhu sampai 800° C hingga menjadi debu.
6. Setelah dingin, sampel ditimbang, kemudian dimasukkan ke dalam *platinum crucible* dan ditambahkan air suling secukupnya untuk menghilangkan campuran-campuran lainnya yang tidak diperlukan (menghomogenkan).
7. Sampel dalam *platinum crucible* dikeringkan kembali dengan *hot plate*.
8. Sampel yang sudah kering didinginkan lagi dan dicacah dengan detektor Geiger Muller tipe RM-60 atau Radiolet-50 yang terkalibrasi sama.
9. Menghitung aktivitas jenis radioisotop dalam sampel mineral dengan menggunakan persamaan (21) untuk efisiensi detektor (ϵ) = 82%.
10. Mengulangi prosedur 2 sampai dengan untuk semua sampel.
11. Menginterpretasi dan menyimpulkan tentang variasi aktivitas jenis massa radioisotop dalam sampel mineral.

Pada kajian ini, pengolahan sampel yang berupa batuan hanya sampai pada tingkat debu sangat halus. Untuk sampel yang lain, juga diolah sampai pada tingkat debu sangat halus.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil-hasil pengukuran dan perhitungan

Tabel 1 Data Pengukuran di Lapangan dan Hasil-Hasil Perhitungan Kandungan Radioisotop dalam Bahan Galian di Desa Oben Baun Kupang Barat.

Lintasan 1

Kode Sampel	Koordinat E (Bujur Timur)	Koordinat S (Lintang Selatan)	Jarak (m)	(cpm) Lapangan	m (gram)	cpm lab	C (μ Ci/gram) X 10 ⁵
S _{1.1}	123°41'05.2"	10°16'25.6"	425	15	9,7	31	0,118
S _{1.2}	123°41'05.1"	10°16'25.8"	427	34	9,5	36	0,140
S _{1.3}	123°41'04.8"	10°16'25.4"	430	23	10,4	28	0,099
S _{1.4}	123°41'04.5"	10°16'25.3"	431	29	9,7	32	0,122
S _{1.5}	123°41'04.0"	10°16'25.5"	436	24	11,4	31	0,100
S _{1.6}	123°41'03.7"	10°16'25.3"	429	39	9,8	68	0,256
S _{1.7}	123°41'03.5"	10°16'25.4"	431	29	9,3	42	0,167
S _{1.8}	123°41'03.1"	10°16'25.3"	432	38	9,8	59	0,222
S _{1.9}	123°41'02.7"	10°16'25.2"	433	27	10,1	36	0,132
S _{1.10}	123°41'02.5"	10°16'25.2"	439	40	10,0	52	0,192
S _{1.11}	123°41'02.3"	10°16'25.3"	441	27	10,2	34	0,123
S _{1.12}	123°41'01.8"	10°16'25.2"	443	43	9,3	58	0,230
S _{1.13}	123°41'01.6"	10°16'25.1"	447	32	9,5	36	0,140
S _{1.14}	123°41'01.4"	10°16'25.2"	446	39	10,7	42	0,145
S _{1.15}	123°41'00.8"	10°16'25.0"	449	31	8,5	44	0,191

Lintasan 2

Kode Sampel	Koordinat E (Bujur Timur)	Koordinat S (Lintang Selatan)	Ketinggian (m)	(cpm) Lapangan	m (gram)	cpm lab.	C (μ Ci/gram) X 10 ⁻⁴
S _{2.1}	123°41'05.7"	10°16'26.5"	424	40	8,9	52	0,216
S _{2.2}	123°41'05.4"	10°16'26.4"	425	45	9,2	57	0,229
S _{2.3}	123°41'05.0"	10°16'26.4"	429	44	9,9	62	0,231
S _{2.4}	123°41'04.6"	10°16'26.3"	431	32	9,3	36	0,139
S _{2.5}	123°41'04.5"	10°16'26.3"	433	24	9,5	31	0,121
S _{2.6}	123°41'04.0"	10°16'26.2"	432	31	9,4	38	0,149
S _{2.7}	123°41'03.7"	10°16'26.3"	434	33	9,7	42	0,160
S _{2.8}	123°41'03.6"	10°16'26.2"	436	38	9,9	41	0,157
S _{2.9}	123°41'03.2"	10°16'26.1"	439	51	9,9	79	0,285
S _{2.10}	123°41'02.7"	10°16'26.2"	440	45	9,3	67	0,266
S _{2.11}	123°41'02.2"	10°16'26.3"	438	40	9,7	54	0,206
S _{2.12}	123°41'01.8"	10°16'26.2"	440	45	9,1	63	0,236
S _{2.13}	123°41'01.3"	10°16'26.9"	441	36	10,9	42	0,142
S _{2.14}	123°41'00.7"	10°16'26.2"	445	52	11,3	79	0,258
S _{2.15}	123°41'00.4"	10°16'26.3"	453	43	10,4	58	0,206

Lintasan 3

Kode Sampel	Koordinat E (Bujur Timur)	Koordinat S (Lintang Selatan)	Ketinggian (m)	(cpm) Lapangan	m (gram)	cpm lab.	C (μ Ci/gram) X 10 ⁻⁴
S _{3.1}	123°41'07.2"	10°16'27.0"	418	76	9,7	68	0,259
S _{3.2}	123°41'06.3"	10°16'27.1"	424	93	10,6	86	0,300
S _{3.3}	123°41'05.6"	10°16'27.2"	427	51	10,1	62	0,227
S _{3.4}	123°41'05.1"	10°16'27.3"	433	52	9,4	65	0,255
S _{3.5}	123°41'04.8"	10°16'27.1"	435	46	9,8	48	0,181
S _{3.6}	123°41'04.4"	10°16'27.2"	435	87	10,5	92	0,316
S _{3.7}	123°41'03.9"	10°16'27.8"	437	38	9,7	46	0,175
S _{3.8}	123°41'03.5"	10°16'27.0"	441	37	10,3	42	0,151
S _{3.9}	123°41'03.4"	10°16'27.1"	440	31	10,4	40	0,142
S _{3.10}	123°41'03.0"	10°16'27.0"	441	45	11,1	48	0,160
S _{3.11}	123°41'02.6"	10°16'27.7"	444	46	9,6	51	0,186
S _{3.12}	123°41'02.0"	10°16'27.4"	443	43	10,1	49	0,179
S _{3.13}	123°41'01.6"	10°16'27.3"	448	46	10,5	52	0,183
S _{3.14}	123°41'01.0"	10°16'27.4"	453	29	9,8	34	0,128
S _{3.15}	123°41'00.5"	10°16'27.6"	452	32	10,2	41	0,149

Perhitungan aktivitas jenis massa kandungan radioisotop dalam sampel bahan galian di Desa Oben Baun Kupang Barat dilakukan dengan menggunakan persamaan.

$$C = \frac{Cpm}{2,22 \times 10^6} \times \varepsilon \times \frac{1}{Y} \times \frac{1}{m}$$

Dalam perhitungan faktor Y yang terdiri dari beberapa komponen antara lain geometri detektor dan geometri sampel, jarak detektor ke sampel, sudut ruang, window detektor, dapat diambil pendekatan 1, karena semua komponen yang berpengaruh dapat dikoreksi dengan baik. Contoh Geometri detektor dan sampel: Window detektor dan tempat sampel mempunyai permukaan sama yakni berbentuk lingkaran, sehingga radiasi dari sampel dapat ditangkap seluruhnya dengan permukaan detektor. Demikian juga jarak detektor terhadap sampel dapat diatur sedemikian rupa sehingga semua radiasi dari sumber dapat ditangkap seluruhnya oleh window detektor. Caranya adalah menggunakan radioaktif standar yakni Cs-137 dengan energi standar 662 keV dan cacah standar 1050 cpm. Jadi jarak detektor ke sumber diatur sedemikian rupa sehingga cacah per menit dari sampel standar menghasilkan 1050 cpm. Window detektor dan sudut ruang telah terkoreksi pada koefisien detektor yang terpakai 0,82. Efisiensi detektor 0,82 artinya radiasi dari suatu sumber hanya mampu ditangkap oleh

detektor sebesar 82%. Dengan demikian, persamaan menjadi:

$$C = \frac{Cpm}{2,22 \times 10^6} \times \varepsilon \times \frac{1}{m} \cdot \text{Koefisien}$$

detektor radiolet -50 yang digunakan adalah 0,82 artinya radiasi dari sumber hanya mampu ditangkap oleh window detektor sebesar 82%.

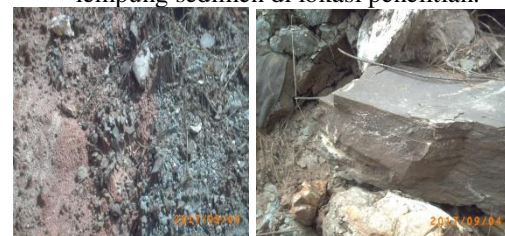
Gambaran umum lokasi penelitian

Lokasi penelitian terletak di Desa Oben Baun Kupang Barat yang berjarak kurang lebih 20 km dari Kota Kupang. Luas daerah penelitian 2.800 m² pada koordinat 123°41'05.2" bujur Timur, 10°16'25.6" lintang selatan dan 123°41'00.5" bujur timur, 10°16'25.6' lintang selatan. Ketinggian tempat berkisar antara 418 m sampai dengan 453 m dari permukaan laut. Struktur batuan didominasi oleh tanah lempung sedimen dan dibeberapa bagian terdapat batuan metamorf. Gambar 2 dan Gambar 3 memperlihatkan beberapa contoh struktur batuan yang terdapat di Desa Oben Baun Kupang Barat.



(a) (b)

Gambar 2 (a) dan (b) contoh struktur batuan lempung sedimen di lokasi penelitian.



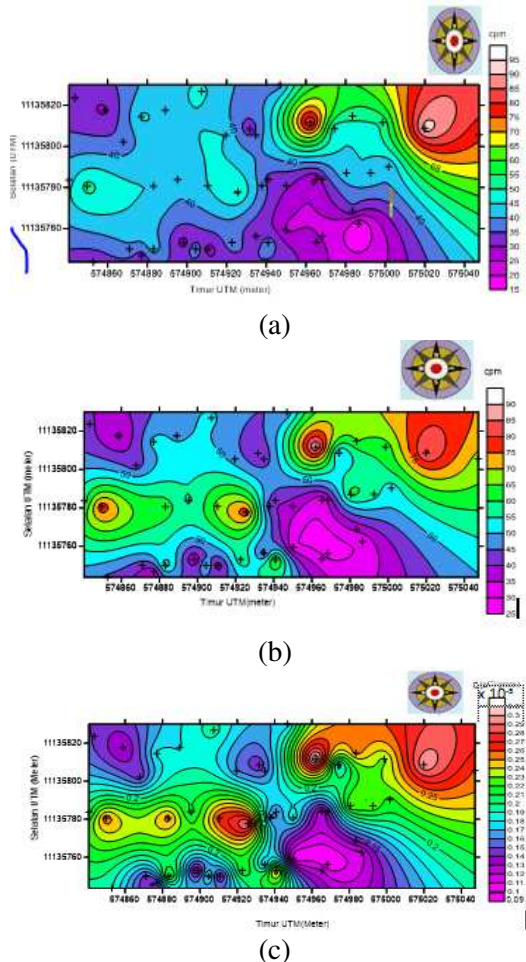
(a) (b)

Gambar 3 Dua contoh struktur batuan metamorf di lokasi penelitian.

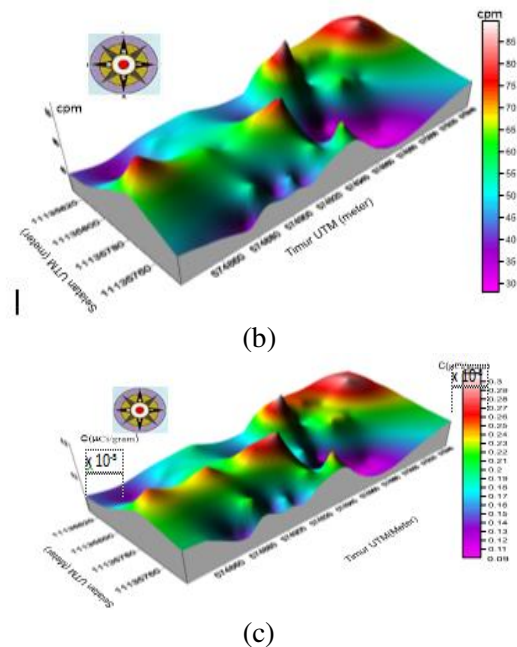
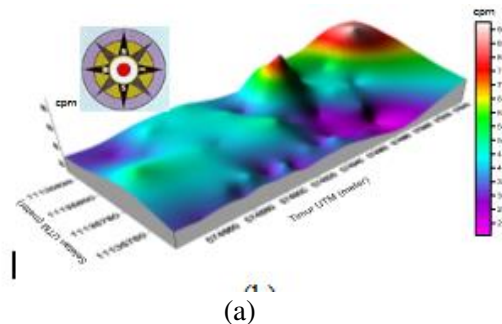
Lokasi penelitian berada di pinggir jalan raya dari arah Kota Kupang menuju Baun dengan kontur berbukit terjal dan lembah cukup curam di sisi kiri dan kanan.

Gambar 4 dan gambar 5 menunjukkan bahwa lokasi penelitian secara umum semakin tinggi ke arah barat. Di bagian timur lokasi penelitian dilalui sungai yang bermuara di laut yakni di desa Sumlili Kupang Barat. Selanjutnya, dari lokasi

penelitian diambil 45 cuplikan sampel mineral batuan yang terdistribusi di tiga lintasan pengukuran dan 15 titik ukur di setiap lintasan dengan jarak titik ukur 15 m dan jarak lintasan 10 m. Gambar 6 menunjukkan beberapa contoh sampel lapangan yang telah diolah menjadi debu sangat halus.



Gambar 4 Kontur cacah radiasi kandungan radioisotop dalam sampel bahan galian di Oben Baun Kupang Barat di (a)Lapangan, (b) Laboratorium, (c) Aktivitas jenis dalam skala UTM.



Gambar 5 Kurva tiga dimensi cacah radiasi kandungan radioisotop dalam sampel bahan galian di Oben Baun Kupang Barat di Lapangan (a), Laboratorium, Aktivitas jenis, skala UTM (meter).

Contoh sampel mineral batuan pada Gambar 6 menunjukkan warna yang berbeda-beda setelah diproses menjadi debu sangat halus. Hal itu menunjukkan bahwa komposisi ikatan mineral radioisotop dalam sampel tersebut berbeda-beda atau terdapat beberapa jenis unsur yang bersifat radioaktif. Secara teori sampel berwarna coklat didominasi oleh komposisi unsur Uranium dan Thorium dengan unsur asosiasi lainnya, yang berwarna coklat dengan bintik-bintik putih didominasi oleh unsur Natrium dengan asosiasinya, dan abu-abu didominasi oleh unsur Xenon dengan asosiasinya [10].

Pembahasan dan Interpretasi

Kisaran cacah radiasi radioisotop di lapangan, di laboratorium, dan hasil perhitungan aktivitas jenis massa kandungan radioisotop dalam 45 sampel mineral batuan di Oben Baun Kupang Barat seperti tercantum dalam Tabel 4.1 secara berturut-turut adalah 15 cpm (titik ukur S1.1, lintasan 1) sampai dengan 93 cpm (titik ukur S3.2 lintasan 3), 28 cpm (titik ukur S1.3, lintasan 1) sampai dengan 92 cpm (titik ukur S3.6, lintasan 3), dan $0,099 \times 10^{-5} \mu\text{Ci/gram}$ sampai dengan $0,316 \times 10^{-5} \mu\text{Ci/gram}$. Kisaran cacah radiasi radioisotop di lapangan dan di

laboratorium berada di titik ukur berbeda dan di lintasan yang sama. Cacah radiasi radioisotop di lapangan pada titik ukur S3.1 lintasan 3 (76 cpm) dan titik ukur S3.2 lintasan 3 (93 cpm) lebih tinggi dari cacah radiasi pada cuplikan sampel di laboratorium pada titik dan lintasan sama (68 cpm dan 86 cpm). Hal itu disebabkan oleh adanya unsur radioisotop dalam sampel yang mempunyai umur paruh pendek sehingga pada saat dilakukan pencahan di laboratorium sudah ada unsur dalam sampel tersebut yang berada pada aras atau tingkat stabil. Selain itu, cacah radiasi radioisotop di lapangan pada titik ukur S1.6 lintasan 1 (39 cpm), titik ukur S1.8 lintasan 1 (38 cpm), titik ukur S2.9 lintasan 2 (51 cpm), titik ukur S2.10 lintasan 2 (45 cpm) jauh lebih rendah dari cacah radiasi radioisotop dalam sampel di laboratorium yakni secara berturut-turut 68 cpm (beda 29 cpm), 59 cpm (beda 21 cpm), 79 cpm (beda 28 cpm), dan 67 cpm (22 cpm). Perbedaan cacah radiasi yang cukup



Gambar 6 memperlihatkan 6 contoh cuplikan sampel batuan di Desa Oben Baun Kupang Barat yang telah diproses menjadi debu sangat halus.

tinggi tersebut disebabkan oleh adanya lapisan batuan yang cukup tebal di titik-titik ukur yang bersangkutan sehingga menghalangi pencacahan di lapangan. Secara umum dapat dikemukakan bahwa cacah radiasi radioisotop di Laboratorium dalam sampel batuan lebih tinggi dari cacah radioisotop di lapangan, karena sampel yang dicacah di laboratorium tersebut telah diproses menjadi debu sangat halus sehingga ikatan assosiasi unsur-unsur menjadi lepas dan unsur yang bersifat radioaktif mudah memancarkan radiasi nuklir.

Berdasarkan kontur dan kurva tiga dimensi cacah radiasi radioisotop di lapangan dan cacah radiasi radioisotop dalam cuplikan sampel batuan di laboratorium, serta kontur dan kurva tiga dimensi aktivitas jenis massa kandungan radioisotop dalam cuplikan sampel batuan (Gambar 4 dan Gambar 5), maka dapat dikemukakan bahwa sebaran atau distribusi kandungan radioisotop di Desa Oben Baun Kupang Barat di lokasi penelitian yang dapat dijangkau survei terdistribusi lebih tinggi dari arah timur dan cenderung menurun ke arah barat. Pada kontur dan kurva tiga dimensi tersebut terlihat pula bahwa sebaran kandungan radioisotop dalam mineral batuan masih cenderung tinggi ke arah utara di bagian timur lokasi survei (lokasi ke arah utara tidak terjangkau karena letaknya di jurang cukup terjal). Kurva tiga dimensi dan kontur cacah radiasi kandungan radioisotop dalam mineral batuan berdasarkan cacah per menit di lapangan dan cacah per menit terhadap cuplikan sampel di laboratorium secara umum sesuai, kecuali di bagian barat lokasi survei cacah per menit di lapangan lebih rendah dari cacah per menit terhadap cuplikan sampel di laboratorium. Hal itu disebabkan oleh lapisan batuan ke arah barat lokasi survei relatif tebal sehingga cacah radiasi radioisotop menjadi lebih rendah karena terhalang oleh lapisan yang cukup tebal tersebut. Selain itu, lokasi atau topografi ke arah barat cenderung semakin tinggi, sehingga kandungan radioisotop dalam deposit mineral batuan di bagian permukaan mudah tererosi ke tempat yang lebih rendah membentuk sedimentasi baru, sehingga akumulasinya cenderung tinggi ke arah timur lokasi survei. Hal itu sesuai dengan teori yang dikemukakan oleh Hanson et al (1987) yang mengemukakan bahwa

anomali kandungan radioisotop, terakumulasi di daerah aluvial yang kaya batuan *Granite, Carnotite, Tyuyamunite, Asphaltic Sandstones, Moccasin Creek Gypsum, Carbonate*, dan secara umum dalam batuan sedimen.

Jika hasil perhitungan aktivitas jenis massa kandungan radioisotop dalam 45 cuplikan sampel batuan di Desa Oben Baun Kupang Barat (tertinggi $0,316 \times 10^{-5}$ (μ Ci/gram) dibandingkan dengan standar kontaminasi lingkungan maka dapat dikemukakan bahwa daerah yang disurvei masih tergolong kontaminasi rendah untuk radiasi alpha dan radiasi beta. Kontaminasi rendah yakni daerah yang besar tingkat atau level kontaminasinya lebih kecil dari 0,37 Bq/gram = $0,99 \times 10^{-5}$ μ Ci/gram untuk radiasi alpha, dan lebih kecil dari 3,70 Bq/gram = $9,99 \times 10^{-5}$ μ Ci/gram radiasi beta.

Rendahnya hasil perhitungan aktivitas jenis massa kandungan radioisotop dalam sampel batuan di Desa Oben Baun Kupang Barat diduga karena akumulasi kandungan radioisotop dalam mineral batuan mungkin relatif cukup dalam. Selain itu, mungkin juga disebabkan oleh terjadinya erosi yang terus menerus di bagian lapisan permukaan tanah sehingga kandungan radioisotop di permukaan tanah tersebut yang letaknya di area ketinggian terbawa aliran air ke daerah yang lebih rendah (lokasi survei berada di daerah ketinggian yang bagian kiri dan kanan adalah jurang yang cukup terjal) membentuk sedimentasi baru. Analisis aktivitas jenis massa kandungan radioisotop dalam sampel mineral batuan di Oben Baun Kupang Barat masih terindikasi mengkontaminasi daerah permukaan pada level kontaminasi rendah untuk radiasi alpha dan beta. Namun daerah survei perlu tetap diwaspadai karena di beberapa titik ukur di lapangan, cacah radiasi nuklir kandungan radioisotop dalam deposit mineral cukup tinggi melebihi standar IAEA yakni 33 cpm [11,12] Cacah radiasi radioisotop di lapangan yang melebihi standar disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2 Cacah radiasi radioisotop di lapangan yang melebihi standar.

No	Titik Ukur	Lintasan	Cpm
1	S1.2		34
2	S1.6		39

3	S1.8	1	38
4	S1.10		40
5	S1.12		43
6	S1.14		39
7	S2.1	2	40
8	S2.2		45
9	S2.3		44
10	S2.8		38
11	S2.9		51
12	S2.10		45
13	S2.11		40
14	S2.12		45
15	S2.13		36
16	S2.14		52
17	S2.15		43
18	S3.1	3	76
19	S3.2		93
20	S3.3		51
21	S3.4		52
22	S3.5		46
23	S3.6		87
24	S3.7		38
25	S3.8		37
26	S3.10		45
27	S3.11		46
28	S3.12		43
29	S3.13		46

Berdasarkan tabel 2 di atas dapat dikemukakan bahwa sebagian besar cacah radiasi radioisotop yang melebihi standar masih relatif berada pada nilai toleransi, sedangkan cacah radiasi radioisotop di lapangan pada titik ukur S3.1 (76 cpm), S3.2 (93 cpm), dan S3.6 (87 cpm) lintasan 3 perlu diwaspadai karena sudah jauh melebihi standar IAEA yakni 33 cpm [11,12].

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian pada bagian pembahasan di atas maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kisaran cacah radiasi nuklir radioisotop di lapangan dan dilaboratorium dalam deposit mineral di Oben Baun Kupang Barat berturut-turut berkisar antara 15 cpm sampai dengan 93 cpm dan 28 cpm sampai dengan 92 cpm.
2. Kisaran aktivitas jenis massa (C) kandungan radioisotop dalam 45 cuplikan sampel batuan di Oben Baun Kupang Barat berkisar antara $0,099 \times 10^{-5}$ μ Ci/gram sampai dengan $0,316 \times 10^{-5}$ μ Ci/gram.

3. Sebaran atau distribusi kandungan radioisotop di Desa Oben Baun Kupang Barat yang dapat dijangkau survei terdistribusi lebih tinggi dari arah timur dan cenderung menurun ke arah barat. Distribusi tersebut masih cenderung tinggi ke arah utara di bagian timur lokasi survei (lokasi ke arah utara tidak terjangkau karena letaknya di jurang cukup terjal).
4. Kontaminasi 154 radioisotop pada lingkungan masih tergolong kontaminasi rendah untuk radiasi alpha dan beta, dan secara umum cacah radiasi radioisotop di lapangan masih berada pada batas toleransi, namun perlu diwaspadai beberapa titik ukur yakni titik ukur S3.1 (76 cpm), titik ukur S3.2 (93 cpm), dan titik ukur S3.6 (87) lintasan 3 yang sudah jauh melebihi standar yang diperbolehkan.

SARAN

Daerah penelitian berlokasi di tempat dengan topografinya tinggi sehingga mineral batuan yang mengandung radioisotop mudah termigrasi saat terjadi hujan deras ke daerah yang bertopografi rendah membentuk sedimentasi baru dan akumulasi radioisotop dapat pula terbentuk. Oleh karena itu disarankan untuk dilakukan penelitian lanjutan di daerah akumulasi baru material yang mengandung radioisotop karena erosi, terutama di muara sungai yang berasal dari Baun.

DAFTAR PUSTAKA

1. Tain, Z. 2005 *Evaluasi Sumber daya dan Cadangan Bahan Galian Untuk Pertambangan Skala Kecil Di daerah Lembar Pulau Alor NTT*, Subdit Konservasi, Kolokium Hasil Lapangan.
2. Yusuf, A.F; Maryun Supardan; Sarino. 2003. *Inventarisasi Bahan Galian Non Logam Di Daerah Kabupaten Timor Tengah Utara NTT*, Kolokium Hasil Kegiatan Inventarisasi Sumber Daya Mineral.
3. Hamilton, W. 1981. *Tectonics of Indonesia Region*, second printing, Washington, D.C 20420.
4. Grunau, H. R. 1953. *Geologie von Portugiesisch Ostimor*. Eclogae Geol. Helevetiae. P 46. No. 1. P.30-37.
5. Grunau, H. R. 1957. *Neue Daten Zur Geologie von Portugiesisch Ostimor*. Eclogae Geol. Helevetiae, V. 50, p. 69-98.
6. Gageonnet., Robert., Lemoine., Marcel. 1958. *Contribution a la Connaissance de la Geologie de la Province Portuaise de Timor*. [Portugal] Junta Inv. Ultramar Estudos 48, 134 p.
7. Audley-Charles, M. G and Carter, D. J. 1972. *Paleogeographical Significance of some Aspects of Paleogene and early Neogene Stratigraphy and Techtonics of the Timor Sea Region: Paleogeography, Paleodimatology, Paleoecology*, v. 11. P. 247-264.
8. Pasangka, B. 1998. *Survey of Radioactive Element deposit through Nuclear Detection within the Mining Substance in Middle-east Kupang and Amarasi west Timor NTT*, report of research.
9. Pasangka, B. 1997. *Determination of Radioisotope Element Concentra-tion in the Sample of Mines with Neutron Activation Analysis at Oesuu Village west Timor NTT*, report of research.
10. Pasangka, B. 2016 *Integrated Nuclear Geophysics*, International Edition, LAMBERT Academic Publishing Germany.
11. ElBaradei, M. 2003. *Categorization of Radioactive Sources*, IAEA, Austria
12. ElBaradei, M. 2004. *IAEA Safety Standards Series, Occupational Radiation Protection in the Mining and Pricessing of Raw materials*, IAEA, Austria.